

TD. N°2. Thermodynamique. Filière SMA-SMPC. S1
Travail – Chaleur - Energie interne

Exercice 1

- Définir le travail d'une force, et montrer que le produit $P\Delta V$ a la dimension d'un travail.
- Donnez les dimensions (unités) dans le système international (S.I) de la chaleur et de la température absolue T ? En déduire la relation de T avec la température θ ($^{\circ}\text{C}$).
- Donner les expressions de la chaleur élémentaire en fonction des variables d'état (T, V) , (T, P) et (P, V) .
- Peut-on apporter de la chaleur à un système sans changer sa température ?
- Peut-on changer la température d'un système sans lui apporter de la chaleur ? Justifiez votre réponse.

Exercice 2

L'état initial d'une mole de gaz parfait est caractérisé par $P_0 = 2.10^5$ Pa, $V_0 = 14$ litres. On fait subir successivement à ce gaz les transformations réversibles suivantes :

- une détente isobare qui double son volume, transformation : $(0 \rightarrow 1)$.
- une compression isotherme qui le ramène à son volume initial, transformation : $(1 \rightarrow 2)$.
- un refroidissement isochore qui le ramène à l'état initial, transformation : $(2 \rightarrow 0)$.

1. Représenter l'allure de ce cycle de transformations dans le diagramme (P en ordonnées, V en abscisse). Echelle arbitraire.

2. A quelle température s'effectue la compression isotherme ? En déduire la pression maximale atteinte.

3. Calculer les travaux W_{01} , W_{12} , W_{20} et les quantités de chaleurs Q_{01} , Q_{12} et Q_{20} échangés par le système au cours du cycle, en fonction de P_0 , V_0 et $\gamma = \frac{C_P}{C_V} = 1,4$ (supposé constant dans le

domaine de températures étudié).

4. Vérifier que $\Delta U = 0$ pour le cycle.

Exercice 3

Un récipient fermé par un piston mobile contient $n = 0,5$ mole d'un gaz parfait, initialement dans un état A où son volume est $V_A = 5$ litres et où sa température est $T_A = 287$ K. On porte, de façon réversible, ce gaz à un état B où son volume est $V_B = 20$ litres et où sa température est $T_B = 350$ K. Le rapport des capacités calorifiques de ce gaz est: $\gamma = 1,4$.

On donne $R = 8,32$ J/mole.K. Le passage de l'état A à l'état B s'effectue selon deux chemins différents :

- 1^{er} chemin : un chauffage isochore de l'état A à l'état C ($T_C = 350$ K) suivi d'une détente isotherme de l'état C à l'état B.
- 2^{ème} chemin : une détente isotherme de l'état A à l'état D ($V_D = V_B$) suivie d'un chauffage isochore de l'état D à l'état B.

1) Représenter les transformations précédentes dans le diagramme de Clapeyron (P , V). Echelle arbitraire.

2) Exprimer puis calculer le travail W_{ACB} et la quantité de chaleur Q_{ACB} échangés par le gaz ainsi que sa variation d'énergie interne ΔU_{ACB} . On donne $\ell = P$ pour un gaz parfait.

3) Exprimer puis calculer le travail W_{ADB} et la quantité de chaleur Q_{ADB} échangés par le gaz ainsi que sa variation d'énergie interne ΔU_{ADB} .

4) Comparer les grandeurs W , Q et ΔU des deux chemins ACB et ADB. Conclure et commenter vos résultats.

On donne la relation de Mayer : $C_P - C_V = nR$. C_P et C_V sont les capacités calorifiques respectivement à pression et à volume constant.

Exercice 4

Un gaz parfait est enfermé dans un cylindre vertical thermiquement isolé muni d'un piston mobile sans frottement. Au départ, le gaz est en équilibre et son état est décrit par les paramètres (ou variables) $V_1 = 12,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$, $P_1 = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ et $T_1 = 300 \text{ K}$. Le rapport des capacités calorifiques du gaz est $\gamma = 7/5$. On donne $R = 8,32 \text{ J/mole.K}$.

1) Partant de l'état d'équilibre 1 (état initial), on ajoute une à une, des petites masses jusqu'à ce que sa pression soit $P_2 = 7,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Suite à cette opération, le gaz atteint donc un état d'équilibre 2 décrit par les paramètres V_2 , P_2 et T_2 .

1.1. Quelle est la nature de la transformation subie par le gaz ? Justifier votre réponse.

1.2. Calculer le volume V_2 , la température T_2 , la variation d'énergie interne du gaz et le travail échangé par le gaz (le calcul direct du travail n'est pas demandé).

2) Le gaz étant en équilibre dans l'état 2, le cylindre n'est plus isolé thermiquement. La température du milieu extérieur est $T_0 = 300 \text{ K}$. Suite à cette opération, le gaz évolue vers un nouvel état d'équilibre 3.

2.1. Quelle est la nature de la transformation subie par le gaz ? Justifier votre réponse

2.2. A l'état final on a $P_3 = P_2$. Justifier cette égalité. Déterminer la température T_3 et le volume V_3 .

2.3. Calculer la variation d'énergie interne du gaz.

Notion de chaleur latente

Définition : la chaleur latente est la chaleur Q échangée avec le milieu extérieur lors d'un changement d'état : solidification, fusion, ébullition.

Elle est notée L . Lorsqu'elle est exprimée pour $m = 1 \text{ Kg}$ de matière, c'est la chaleur latente massique, lorsqu'elle est exprimée pour $n = 1 \text{ mole}$, c'est la chaleur latente molaire.

On écrit : $Q = m.L$ avec L en J/kg ou $Q = n.L$ avec L en J/mol .

Exemple : la chaleur latente de fusion de l'eau (glace) : $L_{\text{fus}} = 335 \text{ kJ/kg}$.

Exercice 5

A la montagne, on a besoin de 5 litres d'eau chaude à 40°C à partir de glace prélevée sur place. La température de la glace est de -18°C .

On fait fondre 5 kilogrammes de glace dans une bouilloire sur un réchaud à gaz.

1. D'où provient la chaleur qui fait fondre la glace ?
2. Quel est le nom donné au changement d'état décrit ci-dessus ?
3. Calculer la quantité de chaleur :
 - Q_1 pour élever la température de la glace de -18°C à 0°C ;
 - Q_2 pour faire fondre la glace à 0°C ;
 - Q_3 pour élever la température de l'eau de 0°C à 40°C .

Laquelle de ces trois étapes nécessite le plus de chaleur ?

On donne:

- les chaleurs massiques : $c_{\text{eau}} = 4180 \text{ J/[kg.}^\circ\text{C]}$; $c_{\text{glace}} = 2100 \text{ J/[kg.}^\circ\text{C]}$;
- pour la chaleur latente : il faut fournir 335 kJ pour faire fondre un kilogramme de glace à 0°C .